

I. TINJAUAN PUSTAKA

1.1. Pengendalian Hama Secara Hayati

Tuntutan masyarakat akan produk tanaman yang berkualitas, ekonomis, serta aman dikonsumsi semakin tinggi. Produk tersebut dapat diperoleh dengan menerapkan budidaya tanaman sehat, salah satunya yaitu penggunaan agen hayati sebagai sumber pengendalian. Agen hayati adalah setiap organisme yang dapat merusak, mengganggu kehidupan atau menyebabkan organisme pengganggu tanaman (OPT) sakit atau mati. Pemanfaatan agen hayati dalam proses produksi suatu produk tanaman khususnya dalam menekan kehilangan atau kerugian hasil akibat organisme pengganggu tanaman merupakan salah satu aspek penting yang sangat berpeluang untuk menjawab tuntutan masyarakat akan produk tanaman yang minim penggunaan pestisidanya (Korlina, 2011).

Di Indonesia kekayaan hayati sangat potensial, namun daya gunanya bagi kepentingan pertanian belum sepenuhnya dimanfaatkan. Oleh sebab itu dalam rangka pengembangan dan pemanfaatan agen hayati, terhadap hama dan penyakit tanaman, maka perlu diketahui bioekologi musuh alami serta cara kerja agen hayati tersebut, sehingga akan lebih efektif dan efisien. Pengendalian hayati merupakan salah satu komponen utama dalam sistem PHT (Djunaedy, 2009).

Pengendalian dengan agen hayati dalam skala luas memerlukan jumlah agen hayati yang relatif mencukupi sehingga perlu usaha pembiakan massal. Pembiakan massal dilakukan untuk mengembangkan agen hayati dengan menggunakan media alami maupun media buatan dalam habitat atau lingkungan yang dibentuk sesuai lingkungan aslinya sehingga diperoleh jumlah tertentu sesuai kebutuhan. Usaha pembiakan massal agen hayati telah banyak dilakukan di Indonesia baik oleh laboratorium dinas maupun oleh para petani (Untung, 2006).

Lahan gambut merupakan bagian salah satu ekosistem yang dapat menyediakan berbagai sumber isolat entomopatogen khususnya dari kelompok bakteri dan jamur. Hasil penelitian Haris dan Hernowo (2012) menunjukkan hasil isolasi bakteri yang membentuk spora dari lahan gambut telah didapatkan 15 isolat bakteri dan 3 isolat jamur yang bersifat entomopatogen, dari ciri morfologis bakteri yang didapatkan di lokasi tanaman pakis mengindikasikan masuk

kelompok *Bacillus thuringiensis*. Sedangkan jamur patogen yang didapatkan yaitu *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana*. Isolat dari lahan gambut ini dapat dimanfaatkan sebagai isolat potensial yang perlu dikembangkan sebagai agenia pengendalian hayati dalam rangka memperbanyak pilihan terhadap agenia hayati untuk pengendalian hama tanaman. Penelitian Fitri (2013) menyatakan bahwa jamur entomopatogen yang banyak ditemukan dari sentra padi di Kab.Siak adalah *Beauveria* sp.

1.2. Jenis – Jenis Jamur Entomopatogen

Entomopatogen adalah suatu istilah yang diberikan kepada satu jenis atau satu kelompok mikroorganisme yang keberadaannya dialam menjadi patogen terhadap jenis-jenis serangga. Jamur entomopatogen dapat diartikan sebagai jamur yang mampu membunuh serangga. Jamur entomopatogen sebagian besar berasal dari kelas *Deuteromycetes* seperti *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces* dan *Nomuraea* (Wahyudi, 2008).

1.2.1. Jamur *Beauveria bassiana* Bals

Beauveria bassiana adalah jamur mikroskopik dengan tubuh berbentuk benang-benang halus (hifa). Jamur ini tidak dapat memproduksi makanan sendiri, oleh karena itu dia bersifat parasit terhadap serangga inangnya. Jamur ini umumnya ditemukan pada serangga yang hidup di dalam tanah, tetapi juga mampu menyerang serangga pada tanaman atau pohon (Hidayana, 2002). *Beauveria bassiana* merupakan jamur entomopatogenik. *B. bassiana* merupakan salah satu musuh alami yang dianjurkan untuk mengendalikan wereng coklat pada tanaman padi (BPTP Sumatera Utara, 2005).

Menurut Alexopoulos dan Blacwell (1962) *cit.* Susanto (2007) jamur *Beuveria bassiana* diklasifikasikan, Kingdom : Mycota, Division : Mastigomycotae, Classis : Sordariomycetes, Ordo : Hypocreales, Familia : Moniliaceae, Genus : *Beauveria* dan Spesies : *Beauveria bassiana* Bals.

Secara rinci karakteristik gambar dan struktur sel jamur *Beauveria bassiana* yaitu :

Beauveria , memiliki hifa pendek, hialin lurus dan tebal, konidia bulat dan bersel satu. Warna koloni semua isolat *B. bassiana* secara makroskopis adalah putih, sedangkan secara mikroskopis konidia bewarna hialin (bening), berbentuk bulat dan memiliki satu sel. Jamur *Beauveria bassiana* dapat dilihat pada Gambar 2.1. Hal ini mendukung hasil penelitian Suharto *et al.* (1998) yang menyatakan spora *B. bassiana* berbentuk bulat, bersel satu, hialin dan terbentuk secara tunggal.



Gambar 2.1. Jamur *Beauveria bassiana* (Bals)

Beberapa faktor yang mempengaruhi perkembangan *Beauveria bassiana* yaitu :

1). Suhu

Jamur pada umumnya memiliki kehidupan yang sama dengan organisme lainnya yang mempunyai filament yang bercabang membentuk sistem sel, pertumbuhan apikal, percabangan lateral dan mendapatkan nutrisi heterotropik. Karakteristik jamur dalam siklus hidupnya melalui beberapa tahapan dimulai dengan germinasi dari spora, dengan diikuti periode pertumbuhan dengan mengeksploitasi substrat guna memproduksi biomassa, diikuti dengan tahap sporulasi yang melepaskan konidia dari induknya (miselium) sehingga membentuk propagul (Wong, 2004).

Menurut Susanto (2007), perkembangan jamur *Beauveria bassiana* sebagai patogen serangga pada umumnya dapat dipengaruhi tiga komponen yang saling terkait yaitu patogen itu sendiri (strain), lingkungan dan nutrisi. Viabilitas spora jamur entomopatogen dipengaruhi oleh faktor suhu, kelembaban, pH, radiasi sinar matahari dan senyawa kimia seperti nutrisi dan pestisida

2). Kelembaban

Menurut Wiryadiputra (1994), kelembaban relatif optimum yang mendukung perkembangan *B. bassiana* adalah 80 – 100%, spora akan dengan baik dan maksimum pada kelembaban 92%. Dalam kelembaban tinggi spora akan berkecambah dan diikuti dengan pembentukan tabung perkecambahan.

3). Sinar Matahari

Sinar matahari dapat menekan perkembangan jamur *B. bassiana*, stabilitas konidia sangat rendah apabila terkena sinar matahari langsung. Mengenai pengaruh cahaya yang dikombinasikan dengan suhu dan kelembaban relatif menunjukkan pada suhu 8° C dan kelembaban relatif 0%. Konidia yang disimpan pada gelap selama 365 hari masih mampu berkecambah 90%, sedangkan pada keadaan terang daya kecambah menurun hanya sekitar 30% (Wikardi, 1994).

4). pH

Menurut Wikardi (1994), pH sangat penting untuk pertumbuhan fungi, karena enzim-enzim tertentu akan mengurai substrat sesuai dengan aktivitasnya pada pH tertentu. *Beauveria bassiana* dapat tumbuh optimal pada pH 5,7 – 5,9.

5). Nutrisi

Jamur entomopatogen umumnya membutuhkan oksigen, air, bahan organik karbon sebagai sumber energi dan bahan anorganik seperti nitrogen sebagai sumber mineral dan faktor pertumbuhan. Unsur karbon biasanya didapat dari dekstrosa yang dapat digantikan oleh polisakarida (seperti zat tepung) atau lipid. Nitrogen didapat dari nitrit, ammonia atau kandungan organik seperti asam amino atau protein. Kandungan esensial makro nutrient berupa fosfat, potassium, magnesium, sulfur dan sedikit sekali membutuhkan bahan anorganik dari sulfat atau organik. Tipe *deuteromycetes* memiliki tipe yang membutuhkan syarat pertumbuhan yang sedikit nutrient. *B. bassiana* dan *M. anisopliae* membutuhkan media yang hanya mengandung dekstrosa, nitrat dan larutan makro mineral. *B. bassiana* membutuhkan bahan karbon untuk mendukung pembelahan dan bahan nitrogen dibutuhkan untuk melanjutkan pertumbuhan hifa (Wikardi, 1994).

1.2.2. Jamur *Metarhizium anisopliae* (metch.)

Metarhizium anisopliae adalah jamur yang dikelompokkan ke dalam divisio Amastigomycotina (Tanada dan Kaya, 1993). Jamur ini merupakan jamur tanah bila dalam keadaan saprofit tetapi memiliki kemampuan sebagai patogen pada beberapa ordo serangga seperti Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Orthoptera, Hemiptera dan Isoptera sebanyak 204 isolat *M. anisopliae* berhasil diisolasi dari tanah, Burgner (1998) menemukan bahwa suhu optimum pertumbuhan jamur ini adalah 25°C. Kisaran pH untuk pertumbuhan jamur ini antara 3,3 – 8,5.

Metarhizium anisopliae memiliki kemampuan infeksi yang sangat luas pada berbagai jenis serangga dan sangat penting dalam mengontrol populasi serangga di alam. Penggunaan *M. anisopliae* dilaporkan telah diaplikasikan secara luas di beberapa negara seperti Italia, Kanada, Tazmania, Swiss, dan beberapa negara lainnya (Herdiana, 2011).

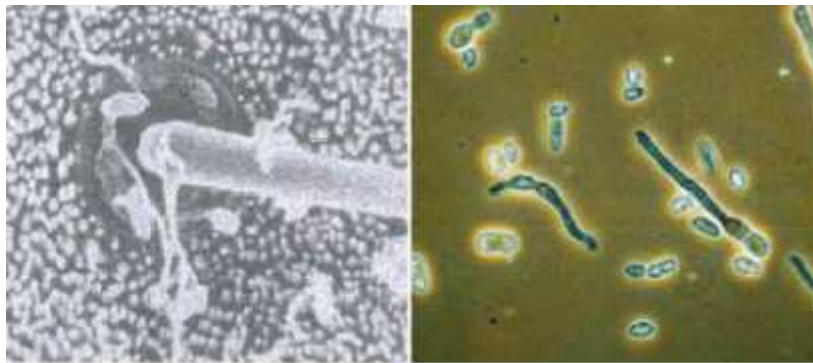
Karakteristik gambar dan struktur sel jamur *M. anisopliae* yaitu :

Metarhizium mempunyai miselium yang bersekat konidia bersel satu berwarna hialin dan berbentuk bulat, konidia berukuran panjang 4-7 µm dan lebar 1,43-3,2 µm. Koloni jamur berwarna putih kemudian berubah menjadi hijau gelap dengan semakin bertambahnya umur (Nuraida, 2009). Sedangkan dalam penelitian Nunihlawati (2012) warna semua isolat *M. anisopliae* secara makroskopis diawal pertumbuhan berwarna putih, kemudian berubah menjadi warna hijau gelap. Secara mikroskopis spora hialin, berbentuk silindris dan membentuk rantai. Hal ini diperjelas oleh Barnett dan Hunter (1972) yang menyatakan spora *M. anisopliae* bersel satu, hialin, dan berbentuk bulat silinder.

Temperatur optimum untuk pertumbuhan *M. anisopliae* berkisar 22-27 °C, konidia akan membentuk kecambah pada kelembaban diatas 90%. Patogenisitas akan menurun apabila kelembaban udara dibawah 86% (Prayogo, 2005). Koloni cendawan *M. anisopliae* dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan konidia cendawan *M. anisopliae* pada Gambar 2.3.



Gambar 2.2. Koloni cendawan *M. Anisopliae* pada tubuh *S. litura* (kiri) dan koloni *M. Anisopliae* umur satu bulan pada media PDA (kanan) (Prayogo, 2004).



Gambar 2.3. Konidia cendawan *M. anisopliae* yang menempel pada integumen serangga (kiri) dan yang membentuk tabung kecambah (kanan) (Prayogo, 2004).

Klasifikasi jamur *M. anisopliae* menurut Alexopoulos *et al.* (1996), adalah :
 Kingdom : Mycetes, Divisio : Amastigomycotina, Classis : Deuteromycetes,
 Ordo : Moniliales, Familia : Moniliaceae, Genus : *Metarhizium*, Species :
Metarhizium anisopliae.

Jamur *M. anisopliae* merupakan insektisida biologis yang telah berhasil mengendalikan beberapa hama serangga. Jamur ini memiliki spektrum pengendalian yang sangat luas dan dapat menginfeksi lebih dari 100% spesies dari beberapa ordo serangga seperti semut api (Prayogo, 2006).

Metarhizium anisopliae merupakan pilihan dalam mengendalikan populasiserangga hama karena menyebabkan penyakit “*green muscardin fungus*” yang patogen terhadap serangga sasaran. Spora jamur yang melekat pada permukaan kutikula larva akan membentuk hifa yang memasuki jaringan internal

larva melalui interaksi biokimia yang kompleks antara inang dan jamur. Selanjutnya, enzim yang dihasilkan jamur berfungsi mendegradasi kutikula larva serangga, hifa jamur akan tumbuh ke dalam sel-sel tubuh serangga, dan menyerap cairan tubuh serangga. Hal ini akan mengakibatkan serangga mati dalam keadaan tubuh yang mengeras seperti mumi (Tanada dan Kaya, 1993).

1.2.3. Jamur *Paecilomyces*

Klasifikasi jamur *Paecilomyces* menurut Alexopoulos *et al.* (1996) yaitu : Kingdom : Fungi, Divisio : Ascomycota, Class : Eurotiomycetes, Ordo : Eurotiales, Famili : Trichocomaceae, Genus : *Paecilomyces*, Spesies : *Paecilomyces*.

Karakteristik gambar dan struktur sel jamur *Paecilomyces* yaitu : *Paecilomyces* memiliki konidia berbentuk oval dengan ukuran bervariasi antara 2-4, hifa bersepta dan hialin (Prayogo, 2004). Jamur *Paecilomyces* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Jamur *Paecilomyces*

Hasil penelitian Sunarto *et al.* (2012) jamur *Paecilomyces fumosoroseus* dimanfaatkan sebagai musuh alami yang digunakan untuk pengendalian pada serangan nematoda bengkak akar (*Meloidogyne spp.*) pada tanaman buncis disebabkan produksi buncis di Indonesia masih rendah dibandingkan negara lain, karena serangan nematoda bengkak akar hampir pada kerugian pada tanaman buncis di Indonesia mencapai 41%. Hasil percobaan menunjukkan bahwa perlakuan yang mengandung *P. fumosoroseus* mampu menurunkan indeks gall

akar, jumlah telur, dan mampu meningkatkan berat segar bagian atas tanaman, menurunkan jumlah larva II *Meloidogyne spp.*

Paecilomyces lillacinus mampu menekan nematoda *pratylenchus coffeae*. *Pratylenchus coffeae* merupakan salah satu spesies nematoda endoparasit yang berpindah-pindah yang sangat merugikan pada tanaman kopi. Dengan semakin tingginya kesadaran konsumen kopi akan residu pestisida, maka upaya pengendalian nematoda diarahkan ke pengendalian ramah lingkungan, antara lain penanaman tanaman tahan atau pemanfaatan agen hayati.

Jamur entomopatogen selain digunakan secara langsung untuk pengendalian juga dapat diaplikasikan sebagai jamur endofit untuk menginduksi ketahanan tanaman kopi. Penelitian Sulistyowati *et al.* (2012) yang bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi spora jamur entomopatogen *Paecilomyces lillacinus* strain 251 yang efektif terhadap nematoda parasit, *P. coffeae* telah dilakukan di rumah kaca. Hasil penelitian secara *in vitro* menunjukkan bahwa jamur entomopatogen *P. lillacinus* strain PL 251 cukup efektif menekan nematoda *P. coffeae* di laboratorium, dengan konsentrasi spora jamur *P. lillacinus* yang efektif berkisar antara 2-4 g per liter dengan persentase mortalitas antara 72,80%. Hasil uji efektivitas *P. lillacinus* secara *in vivo* pada bibit kopi, diketahui bahwa aplikasi suspensi *P. lillacinus* konsentrasi spora 4 g/l dapat menekan serangan nematoda *P. coffeae* pada bibit kopi, dengan menghambat masuknya *P. coffeae* dalam akar sebesar 29,1% dan dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kopi.

1.2.4. Jamur *Nomuraea rileyi*

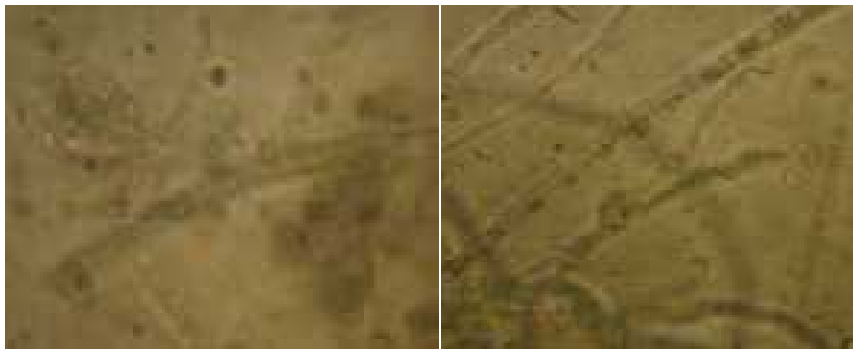
Filum *Deuteromycotina* merupakan keluarga besar berbagai jamur Imperfecti (jamur tidak sempurna), termasuk *N. rileyi* yang berkembang biak secara aseksual (anamorfik) dengan spora pasif yang disebut konidia. Penelitian terhadap berbagai genus dan spesies jamur dari kelas Hypomycetes sudah banyak dilakukan dan salah satu yang siklus hidupnya telah dikarakterisasi secara lengkap adalah *N. rileyi*. Jamur ini sangat efektif terhadap larva-larva Lepidoptera. Larva yang terinfeksi *N. rileyi* biasanya menunjukkan gejala “mumifikasi” atau pengerasan yang diikuti dengan pertumbuhan miselium pada seluruh permukaan

tubuhnya. Konidiofor yang terbentuk dari miselium memproduksi konidia yang warnanya hijau kekuningan atau biru kehijauan (Indrayani, 2011).

Klasifikasi jamur *Nomuraea rileyi* menurut Tanada dan Kaya (1993) adalah : Kingdom : Fungi, Divisio : Deuteromycotina, Classis : Hypomycetes, Ordo : Moniliales, Famili : Moniliaceae, Genus : *Nomuraea*, Spesies : *Nomuraea rileyi*.

Karakteristik gambar dan struktur sel jamur *Nomuraea rileyi* yaitu :

Nomuraea memiliki konidia berbentuk oval tidak bersepta dan dalam kelompok bewarna hijau pucat, hifa tipis dan halus dan hialin agak berpigmen (Prayogo, 2004). Jamur *Nomuraea rileyi* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Jamur *Nomuraea rileyi* (Prayogo, 2004)

Seperti jamur umumnya, suhu dan kelembaban lingkungan juga sangat mempengaruhi perkembangan *N. rileyi*. Kelembaban tinggi (80-90%) lebih dibutuhkan dalam proses perkecambahan dibanding dengan kelembaban rendah (< 60%), terutama untuk melakukan kontak dengan kutikula serangga. Sebaliknya, untuk pembentukan konidia dan melakukan penyebaran secara horizontal pada inang lain biasanya terjadi pada kelembaban lingkungan yang lebih rendah (50-60%). Pada kelembaban tinggi miselium *N. rileyi* akan tumbuh dari larva yang telah bermumifikasi dan memproduksi konidiofor sebagai alat invasi ke seluruh bagian internal serangga (Indrayani, 2011).

1.3. Mekanisme Serangan Jamur Entomopatogen

Proses perkembangan jamur patogen masuk ke dalam tubuh serangga langsung masuk kedalam tubuh melalui kulit atau integumen. Setelah konidia

jamur masuk ke dalam tubuh serangga, jamur memperbanyak dirinya melalui pembentukan hifa dalam jaringan epikutikula, epidermis, hemocoel, serta jaringan-jaringan lainnya. Pada akhirnya semua jaringan dipenuhi oleh miselia jamur. Proses perkembangan jamur dalam tubuh inang sampai inang mati berjalan sekitar 7 hari. Setelah inang terbunuh, jamur membentuk konidia primer dan sekunder yang dalam kondisi cuaca yang sesuai menyebarkan spora melalui angin, hujan, air, dan lain - lain (Untung, 2006).

Hasil penelitian Deciyanto (2009) jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* memproduksi Beauvericin yang mengakibatkan gangguan pada fungsi hemolimfa dan inti sel serangga inang. Seperti umumnya jamur *B. bassiana* menginfeksi serangga inang melalui kontak fisik, yaitu dengan menempelkan konidia pada integumen. Perkecambahan konidia terjadi dalam 1-2 hari kemudian dan menumbuhkan miselinya di dalam tubuh inang. Serangga yang terinfeksi biasanya akan berhenti makan sehingga menyebabkan imunitasnya menurun, 3-5 hari kemudian mati dengan ditandai adanya pertumbuhan konidia pada integumen.

Sedangkan Novianty (2005) menyatakan bahwa jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* bersifat parasit pada serangga dan bersifat saprofit pada tanah atau bahan organik. Jamur ini melakukan penetrasi ke dalam tubuh serangga melalui kontak dengan kulit di antara ruas-ruas tubuh. Mekanisme penetrasinya di mulai dengan menempelkan konidia pada kutikula atau mulut serangga. Konidia ini selanjutnya berkecambah dengan membentuk tubuh kecambah. Apresorium mula-mula dibentuk dengan menembus epikutikula, selanjutnya menembus jaringan yang lebih dalam.

1.4. Postulat Koch

Salah satu faktor utama penyebab timbulnya penyakit pada tanaman adalah kontaminasi mikroorganisme, dapat berupa cendawan maupun bakteri. Meskipun terdapat spesies bakteri tertentu yang menguntungkan bagi tanaman, namun cendawan dan bakteri dapat pula menjadi penyebab timbulnya suatu penyakit yang sangat merugikan bagi tumbuhan (Ushwanuuri, 2010).

Adanya ilmu pengetahuan tentang adanya suatu bakteri yang dapat menyebabkan penyakit pada tanaman, menyebabkan para peneliti mencoba mengembangbiakkan bakteri tersebut dalam sebuah media. Dalam membuktikan penyebab suatu penyakit, diperlukan metode pembuktian. Salah satu metode yang dapat dilakukan adalah metode postulat Koch (Rizka, 2010).

Postulat Koch merupakan salah satu metode yang dapat dilakukan untuk membuktikan penyebab suatu penyakit. Metode yang diperkenalkan oleh Robert Koch (1884) ini memiliki empat syarat yang harus dipenuhi untuk dapat membuktikan suatu patogen apakah benar-benar dapat menimbulkan penyakit pada inangnya atau tidak. Semua dari syarat tersebut harus terpenuhi untuk dapat menentukan hubungan keterkaitan antara patogen penyebab penyakit dan inangnya.

Isi Postulat Koch antara lain:

1. Organisme (parasit) harus ditemukan dalam tanaman yang sakit, tidak pada yang sehat
2. Organisme harus dapat diisolasi dari tanaman sakit dan dapat dibiakkan dalam kultur murni
3. Organisme yang dikulturkan harus menimbulkan penyakit pada tanaman yang sehat dengan gejala yang sama pada tanaman awal
4. Organisme tersebut harus dapat diisolasi ulang dari tanaman yang dicobakan dengan menghasilkan isolat penyebab penyakit yang sama

Berbagai bentuk yang ditemukan oleh Koch tersebut dapat membuat mikroorganisme lebih mudah didapatkan dalam kultur murni (*pure culture*). Padahal sebelumnya, mikroorganisme sangat sulit didapatkan karena tercampur dengan organisme lain yang dapat ikut teridentifikasi. Dengan alasan tersebut, Koch memberikan rumusan berupa sejumlah kondisi yang harus dipenuhi sebelum mikroorganisme dianggap sebagai penyebab penyakit. Rumusan tersebut dikenal dengan Postulat Koch.